

ある航空機事故から学ぶヒューマンエラーについての考察

ある航空機事故から学ぶヒューマンエラーについての考察

— 全ての組織への警鐘 —

A Study of Human Factors from an Airline Accident

— The accident that served as a warning to all organizations —

森川 佳世

MORIKAWA Kayo

For the crew and passengers, the nightmare began early on Friday, March 10, 1989.

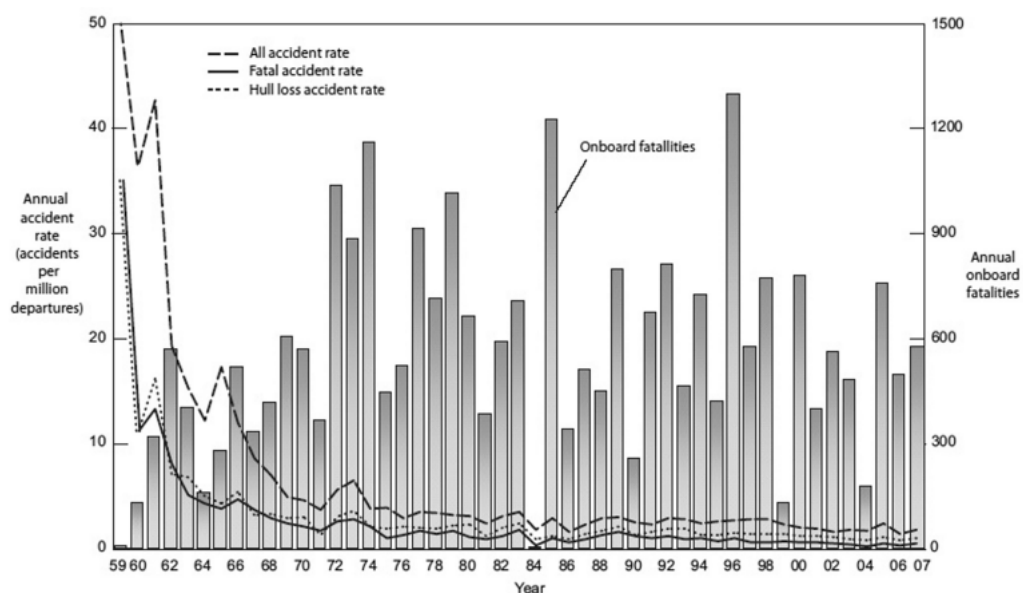
A routine hazard for the crew members was not “routine” after all, because it was not based on a legal rule. This can only be learned through experience. However, why did a highly experienced crew ignore this routine hazard?

This accident serves to warn us about hidden human and organizational risks. It is hard to get rid of preconceived notions. Although “experience” or “knowledge” is always useful, overconfidence is dangerous. The organization was clearly overconfident.

I used the commission of inquiry’s final report on the airline accident and analyzed the structure of human errors and psychological pressure in a hierarchical organization from the cabin crew’s perspective.

1. はじめに

「安全とは何か」「事故とはなぜ起こるのか」—航空の専門家でなくとも一度はこの疑問を問いかけたことがあるのではないだろうか。世界の航空機事故は技術革新や様々な過去からの教訓に基づき飛躍的に減少している。国際民間航空機関（International Civil Aviation Organization, ICAO）¹による各国の取り組みに加え、国際航空運送協会（IATA, International Air Transport Association）²加盟の航空会社の努力もまた「空の安全」を大きく前進させてきた。



国際航空運輸協会資料（2008年版）より

しかしながら、ここ50年間の事故の推移を見ると発生件数こそ激減しているものの、そこでの犠牲者の数に件数に比例するほどの減少は見られない。反対に一度事故が起こると過去には有り得なかった数値での犠牲者が出ていることがわかる。飛行機の技術的安全性の向上の一方で、機材の大型化、就航便数の増加は、この先も事故が「皆無＝ゼロ」にならない現実を示唆している。実際にここ30年、更に厳密に言えばここ10年の事故発生件数は横ばいであり、且、事故はコンスタントに発生している。2008年の世界の全損事故の発生率は100万便あたり0.81回（2008年 IATA 調べ）であり、一人の人が毎日往復飛行機を利用することと仮定した場合、1000年に1回遭遇するかどうかという確率での発生であり、確率論的には誤差とも言えるほどの僅かな数字かもしれない。しかしながら人命に関わる航空機事故においては、如何なる「誤差」も許されず常にこの誤差をも「ゼロ」にすることが究極に求められている。そこには、技術革新が極めきれない「人間＝Human」というトリガーが存在している。

2. 航空機事事故事例(概要)ーカナダ事故調査報告書からー

航空機事故の背景を考察する上で、多くのことを示唆しているある事故例を紹介する。この事故をきっかけにして世界の航空会社の安全への取り組みは一気に技術面から精神面へと広がりを見せた。

(1)事故概要

1989年3月10日金曜日、カナダ、トロント近郊に本社を持つ航空会社（AO 航空）³の航空機が離陸に失敗し出発空港近くの森林に不時着した。降り続いた雪が翼に積り、航空機はバランスを崩し、離陸に必要な揚力を得ることが出来なかったことが直接の原因と考えられた。

この事故には乗務員の中にも生存者もあり、また目撃者も居たことから当時の気象状況や機内の状況は比較的聴取しやすく様々な角度から原因究明が進められた。

(2)経緯

①出発時の不具合

その日、AO 航空の J.M.機長と副操縦士の K.M.の二人は、マニトバ州（首都 ウィニペグ）ウィニペグ国際空港発、オンタリオ州の北部ドライデン空港経由、オンタリオ州（首都 トロント）サンダーベイ空港間の飛行を2往復する勤務が予定されていた。AO 航空は大手航空会社である AC 航空⁴の関連会社の一つであり、この日も AC 航空への乗り継ぎ旅客を含め、春休みを迎えたカナダの学生達等ではほぼ満席であった。

パイロット二人は、07時25分発の1362便に備えてウィニペグ空港に出社した。

J.M.機長はパイロットとしての経験は長かったが、2か月前に当該便で使用するフォッカー社28型機の機長になったばかりで飛行時間は80数時間で



出典：フリー百科事典『ウィキペディア (Wikipedia)』

あった。AO社の社内規定では、飛行時間が100時間に満たない機長の場合、着陸時の雲の高さや視程に制限があり、この日の気象状況（前半概ね良好だが次第に下り坂で氷雪の予報）から鑑みると、出発の時点の気象条件には問題は無いものの、午後の天候次第によってはこの制限を超えてしまい、J.M.機長では離着陸出来ないこともあり得ることは予想されていた。その為天候が悪化した時の為に、サンダーベイ空港以外にスーセンメリー空港へ飛行計画も立てられており、また経由地であるドライデンでは燃料補給する必要もあった。

J.M.機長は飛行計画⁵を作成後、乗務する機材に補助動力エンジン⁶の不具合があることを知った。経由地であるドライデン空港にはエンジンをスタートさせる設備が配備されておらず、着陸後エンジンを二基とも切ると再スタートが出来ないという問題があったため、AO航空のロンドンにある運航管理室⁷では、当該便はドライデンでは2基のうち1基は切らないまま、旅客の降機や燃料補給を行う⁸という許可を正式に出した。またそれ以外にもいくつかの不具合が修理されていないこともあり、J.M.機長は精神的にややイライラしている印象があったと、事故後担当客室乗務員は答えている。

②天候の変化

1362便は07時49分、定刻よりも約20分遅れてウィニペグを離陸した。経由地であるドライデンの天候は問題なかったが、最終目的地であるサンダーベイの天候は次第に悪化していた。その為、運航管理室の担当者はドライデンでJ.M.機長に連絡を取り次の状況を説明した。

- ・サンダーベイの天候が悪く機長の着陸制限を超えていること
- ・天候回復まではドライデンで待機すること

J.M.機長は状況を理解したものの、待機中であってもエンジン一基は運転したままであり、その間燃料は消費し続けるため出来るだけ待機時間を短くしたいという意図で15分後再度検討することを提案した。その後、J.M.機長と運航管理室は再検討した結果、サンダーベイの天候がやや回復傾向にあることを根拠にドライデンを出発することを決定した。勿論、天候悪化も想定し、スーセンメリーは代替空港のまま計画は遂行された。結果、1362便は彼らの悪い予想を覆し、期待通り天候の回復に助けられ無事、20分遅れでサンダーベイに着陸することが出来た。



同型機

Fokker F-28-4000 Fellowship at Zurich International Airport, Switzerland

③計画外の搭載

サンダーベイからウィニペグへの折り返し便（1363便）の当初の飛行計画では旅客は全55名中52名が最終目的地ウィニペグまで搭乗することになっていた。また、1363便の代替空港もスーセンメリーであったためそれに必要な燃料（2810kg）を給油し、搭乗旅客の手荷物が搭載され、当初の飛行計画通りの搭載重量が守られたはずであった。最終の出発準備を整えているまさにその時、1363便に10名の旅客が追加でチェックインしている事実がわかった。AC航空の便が欠航していた為であった。AC航空はAO航空に出発時刻間際の多忙な時間の中でこの追加を行った為、AO航空は飛行計画を変更することが出来なかった。この事実を知ったJ.M.機長はこのままでは過重であり、出発出来ないと判断し、AO航空の運航管理室を通じAC社に対して追加旅客を降ろす様に要請したが、AO航空の運航管理室はJ.M.機長の要請を退け、搭載燃料を相応分抜くよう指示をしてきた。

J.M.機長は予約情報の誤りに加え、適切な搭載重量についての会社からの決定内容に憤りを覚えたが、会社からの指示に従った。当該便は約20分の遅れを引きずっていたことに加え、この作業に更に35分を要した為、約1時間も出発が遅れることになった。ウィニペグからの接続便がある旅客は予定通り搭乗出来るのかという不安が募り、そのことを客室乗務員2名へ訴えてきた為、客室乗務員は客室の状況を運航乗務員に伝えた。経由地であるドライデンは雪が降り始めていたが積雪は無く、当該機は遅れ以外には大きな問題は無く、ドライデン空港に着陸した。

④焦り

ドライデン空港で1363便は、右エンジンを作動したまま燃料補給と貨物・旅客を搭載した。J.M.機長は、操縦室を出て、運航管理室に対し「燃料補給のために更に遅れが出る」旨の連絡を入れたが、その時既に機長はかなり苛立っていた様子であったとの証言がある。機長とすれ違った旅客も彼が遅れについて詫びながらも不機嫌そうであったことを記憶している。ドライデンは雪が次第に強くなり、事故の目撃者はその雪を「大きく湿ったまとまった雪」と表現している。同時期、副操縦士のK.M.はドライデンとウィニペグの間にあるケノーラフライトサービスに最新の気象情報を確認し、現在のドライデンの状況も報告した。その時点では副操縦士のK.M.も最悪の状況にはなっていないとの認識であった。

二人の操縦士は通常は行うべき出発前の外部点検をしないまま、1363便は出発するために飛行機のドアは閉まった。

⑤天候の悪化

1363便のドアが閉まった時、駐機場は雪で薄く覆われ、翼にも6～12mmほどの雪が積もっていた。午後12時3分、予定より1時間遅れて滑走路に向かって **Taxing** を始めたが、雪は更に激しさを増し、副操縦士の **K.M** はケノーラのフライトサービスを呼び出し、ウィニペグへの **IFR (Instrument Flight Rules)**⁹ 飛行の許可を要請した。しかし、この交信が完了する前に、一機のセスナ機がドライデンへの優先着陸を要請してきたのである。そのセスナ機は悪天候による緊急性を訴えており、**J.M.** 機長は一旦はセスナ機側の上空待機を要請したが、結局は1363便が滑走路手前で6分間も待機せざるを得なくなった。

雪の為視界が悪くなるなっている中、セスナ機が着陸し、それを待って1363便は離陸準備に入った。離陸滑走地点に向かっている最中、交信途中になっていた **IFR** の許可が下りた。

⑥乗客と客室乗務員が見たもの

操縦室の中で様々な交信が行われていた頃、客室内では乗客も客室乗務員も、窓の外の降りしきる雪や翼の上にうっすら積もっている雪があることを認識していた。特に移動の為搭乗していた **AO** 航空の乗務員はその状況について担当客室乗務員に警告している。しかしながら、その報告が操縦室になされることはなかった。燃料補給や貨物搭載中に当該機周りで働いていた地上係員も、次第に雪が強くなっていたことや、航空機の窓に雪が強く吹き付けていたことを後に証言している。離陸まで待たされていた客室乗務員並びに乗客は、翼の上の雪についてそれ自体がその後起こる事故の外因になろうとは予想も出来なかった。

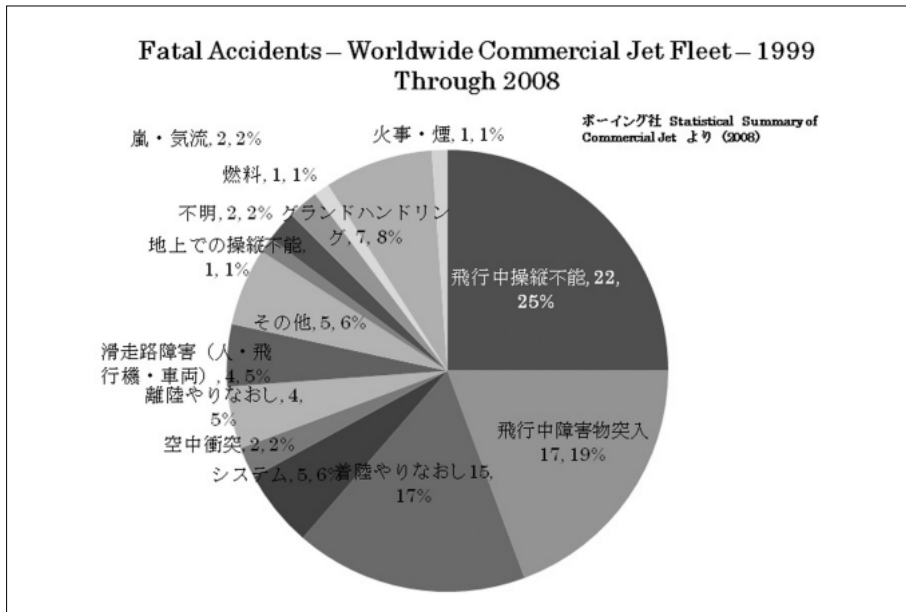
⑦雪の中での離陸

1363便は滑走路の東端まで移動し、離陸に向けてエンジンスロットルを **Full** まで上げていきました。その時副操縦士の **K.M** は「**AO 1363 ドライデン 29 離陸開始**」と交信している。

予定より1時間10分遅れであった。当該機は通常よりも遅い加速と長い滑走の後、離陸を試みた。一旦は機体が上がり離陸したかに見えたが機体は上がりきれず、再度機体を上げる操作を試みた結果、離陸はしたものの既に滑走路を過ぎており、そのまま激しい火災と黒い雲とともに機影が消えた。

3. 原因究明

この事故が発生したのは**1989年**、単独機事故では世界最大の事故となった日本で発生した航空機事故から3年半を過ぎようとしていた。日本での事故の直接原因は機体の損傷によって操縦が不可能になってしまったことであるが、その根本へと遡って行くにつれ、実に多くの複雑な要因が絡み合っており、究極は企業文化・体質にまで追及が及んだことは記憶に新しい。今回題材とした**1989年**のこの事故は、まだその日本での事故の原因究明やその教訓を基にした再発防止策が定着しきれていない中で発生した。今でこそ航空業界では事故がたった一つの原因で発生するものではなく、折り重なった要因がエラーチェーンとして繋がり、ある瞬間「事故」という結果を導く風穴を開けてしまうこと¹⁰を理論上も研究し訓練や日常業務に活かしているが、現実には操縦士や整備士による何らかのミスが墜落の直接原因であるという短絡的な結論が導き出されることも少なくない。フライトレコーダーや残留機体の解析や多くの証言による根本原因究明が突き詰めても依然「不明」となっている原因の存在や、事故の直接原因の背景にある人間の心理的要因は可視化が極めて困難である。



上記グラフは、ICAO (The International Civil Aviation Organization) の機関である CAST (the Commercial Aviation Safety Team)¹¹のデータを基にしてボーイング社がまとめたデータ

であるが、全91件の人命に関わる航空機事故の内、気象やシステムの故障、或いは当該機以外の外的要因によって発生していると思えるのは全体の10%程度に過ぎず、多くはそれに関わる人間のミスが引き金になっている可能性を示唆している。今回題材として採用したカナダ AO 社の事故原因が単に翼の上の雪だけではなく点との類似点が推論される。

4. タイムプレッシャーと権威勾配の存在

AO 社の事故は、雪による悪天候が珍しくないカナダにおいて偶然降り積もった翼上の雪だけが原因の全てではないことは明白である。なぜ飛行経験も十分であったこの操縦士が日常的に予想されている気象条件やそこでのリスクも予期できる中でこのような事故を招くことになったのか。多くの原因の中からタイムプレッシャーと権威勾配に着目してその原因を探る。

(1) タイムプレッシャー

事故機は、悪天候の為に予定された時刻に離陸・着陸出来ないというある意味不可抗力の中に居た。しかし、J.M.機長はその悪天候に加え、自らの飛行制限との葛藤の中にあったことがわかる。つまり、制限値のある彼にとって天候の悪化は即ち自らは操縦を続行出来ないということになる。制限ぎりぎりの条件であれば、辛うじて当初のスケジュール通りウィニペグまで戻ることが出来るのである。J.M.機長は、事故直前ドライデン空港での滑走路手前で待たされていた時、「こんな状況で小型機が進入してくるとは信じられない」と発しており、機長の苛立ちは頂点に達していたと思われる。それは以下の乗客への機内アナウンスに現れている。

‘God knows how long we’ll have to wait. Well, folks, it just isn’t our day...’

一般的に定期便であれば機長に関わらず全てのエアラインスタッフの中には少なからずタイムプレッシャーは存在する。原因の如何を問わず、また「安全」が第一とわかっていてもこのプレッシャーを「ゼロ」にするのは難しい。ましてや機の最高責任者である機長がこのプレッシャーの中にある場合、周囲がその影響を受けないことは更に難しい。今回の事例ではこの周囲への影響が後の結果に非常に大きく影響を及ぼしている。生存していた乗客からは以下のような証言がある。

「機長が不機嫌そうでうんざりしているようだった」…地上の事務所から飛行機の操縦室に戻ってきた J.M.機長の姿を機内の窓から見ていた乗客はその時の様子をそのように語っている。

遅延を引きずりながら、それを回復するどころかますます厳しくなる気象条件やその為に必要となった通常と異なるオペレーションは、通常は冷静な機長に必要以上のプレッシャーをかけた。

このプレッシャーを受けた機長と朝からずっと一緒にいて、彼の言動の変化を身近に感じていた客室乗務員は、副操縦士と共に最もマイナスの影響を受けた一人と言える。客室乗務員もまた遅延によって乗客からクレームや質問を受けてストレスを重ねており、自らのタイムプレッシャーの中に居たことも確かだが、この事例で最も注視すべきは、客室乗務員が翼の雪に気付き、また乗り合わせた他社の乗務員からも補足的な情報を受けていたにも関わらず、それを機長に知らせなかった事実とその背景である。当然、Critical Surface¹²と称される翼の表面の状態に関する知識が十分訓練なされていなかったことで客室乗務員は機長への報告の必要性を感じていなかった可能性もある。しかしながら、遅延によって乗客も運航乗務員も苛立っていることを肌で感じていた客室乗務員にとって、それほど重要だと考えていなかった翼の異常を、離陸前の時点で迅速に機長に報告できたかどうか。結果的に彼女達はこれ以上のストレスが予想されることを選択しなかったのである。タイムプレッシャーはこのようにあらゆる方向から、関連する人間の正常な判断を鈍らせていく。

(2)権威勾配

前述の客室乗務員のストレスとは、タイムプレッシャーとは別に、既にコミュニケーションが取り難くなっている機長との関係を増幅することを指す。国内・国際法共に航空機内の指揮命令系統は明確に規定することとされており、それによって適切な権威勾配が存在し、特に有事における統率が取れる体制を敷いている。航空機においてはそのヒエラルキーの頂点に機長が存在し、次いで副操縦士を含むコックピットクルー、客室内においては主たる客室乗務員を設定し以下の指揮権も定められている。今回の事故例では、このヒエラルキーの頂点にいる機長と部下との権威勾配が大きすぎたが故にその任を果たすために必要な重要な情報を入手出来なかったことが考えられる。苛立った様子、苛立っていると感じさせる機内アナウンスを見聞きする中で、客室乗務員は何か疑問を感じてももはやそれを報告する冷静な判断が出来なくなっていたのである。

一方、機長もまた別の権威勾配の渦中にいた。AO社はAC社の関連子会社であり、その運航に関わる管理をしているのは親会社のAC社であった。今事例で、乗客の予約に関するミスが発生しその為に燃料を抜くというロスタイムが発生したが、その対処において、機長は彼自らの判断と提案をAC社によって却下されている。これは各航空会社によって複数のケースがあるが、一般的には航空機は地上に在り、また乗降用ドアが閉まっていない状態では、その運航に関わる

責任それに伴う判断は地上の責任者にある。その為今事例の機長が AC 社の運航管理の指示に従うことは至極当然のことであるが、既にハリーアップシンドロームに陥り、万一の為に搭載していた燃料より乗客を乗せることを優先した会社への疑問を持ったまま、ある種の権威勾配を超えて意見をすることが更なる遅延に繋がることを考えてしまったのではないか。事後 AC 社と AO 社、更にはその成り立ちの複雑さから両社の組織間に多くの問題があったことは事故報告書の中にも記載されている。J.M.機長の心の中の葛藤は、既に彼が生存していないため直接確かめることは出来ないが、残された無線通信や立ち寄った空港での会社との電話での会話の様子から推察される。また、彼の指揮下で常に副操縦士席で文字通り最期まで彼の指揮に従っていた K.M. 操縦士の心理状態も推察の域を出ない。しかしながら、通常行うべき出発前外部点検を二人とも行っていなかった事実には、操縦士が二人とも降雪によって迫っている航空機自体の安全への注意が散漫になり、意識が遅延や離陸制限のほうに傾いていたことは否めず、仮に副操縦士が日常業務＝ルーティンの割愛を疑問に思っていたとしても結果それは行われなかったことが、それを如実に物語っている。

5. CRM (Cock-pit/Crew Resource Management)

1977年、今回の事例を遡るところ12年前に、航空史上最大の犠牲者（583名）を出した「テネリフェ空港ジャンボ機衝突事故」¹³が起きている。この事故では操縦室と管制塔とのミスコミュニケーションと同時に操縦室内での権威勾配によってベテラン機長へ疑問を投げかけるのをやめてしまった乗務員の心理も原因究明時注目された。この事故以降、ICAO や FAA¹⁴の規則が変わり、ミスコミュニケーションが起らないように用語を統一した。また、各航空会社では **Cock-pit Resource Management**（以下 CRM）として権威勾配が最も顕著に表れる操縦室内の意志の疎通と適正な権威勾配についての理論とそれに基づく実践をパイロットの訓練に採用した。しかしながらその事故から12年後、今回の AO 社の事故は起きている。日本では1990年代に ICAO 基準ならびに国内航空法に基づく審査要領にも運航乗務員に対する CRM 訓練は義務化されている。また、操縦室内だけではなく現在では客室乗務員も含めた全乗務員や運航管理者をも視野に入れた CRM 訓練が全世界的に義務化の方向に向かっている。つまり Cock-pit から Crew へと CRM がカバーする範囲が広がっている。既に多くの航空会社ではこの CRM 訓練が取り入れられ、如何なる心理的、外的要因があろうとも、航空機の安全運航に関わる局面においては疑

問を疑問のままにせず、権威勾配の高低に阻まれることなく情報や問題を共有化し、問題解決を図るというプロセスを取り入れている。CRM が広く取り上げられるようになるに従い、航空業界だけではなくあらゆる分野の組織にこの考え方やそれに基づく組織作り、社員研修が行われている。実際に航空会社では CRM についての講義を多くの一般企業で行っており、その組織が抱える課題解決の一助となっている。机上の理論ではなく、再発は勿論、今後の全ての危機を予測した未然防止に取り組む上で、過去の多くの人命の犠牲の上に立脚した理論は、今後もあらゆる組織が陥るリスクや個人が直面するプレッシャー、そこで起こりえるエラーやミスを未然に防ぐ時に役立つものである。

6. 総合考察

今回は、航空機事故の背景にある多くの要因の中から「タイムプレッシャー」と「権威勾配」に着目し、そこに見える心理的圧迫が日常業務から逸脱させ、普段では考えられないことをし、それが周囲をも巻き込み、周囲もまたそれに気づいてもそのミスを止めるに至らないというエラーチェーンを取り挙げた。特に乗務員としては唯一生存した客室乗務員の事故前の証言は、異変に気がつきながらも、それを伝えて離陸を取りやめさせるという最期のトリガーを逸し、エラーチェーンを切れなかった瞬間を如実に物語っている。

このようなエラーチェーンは、何も航空機の中にだけあるのではなく私たちの日常の中至る所に潜んでいる。一度エラーを起こすことで人命を失うという非常なリスクにさらされている航空業務のみならず、組織が拡大すると、一度の失策でその全て、或いは一部を失うというリスクは常にある。しかしその失策が一人の力で成り立っていることは極めて少なく、組織には必ず何度かリスクを回避するチャンスがある。そのチャンスを出来るだけ早期に活かしエラーを断ち切ることが出来る組織が、リスクマネジメントが行き届いた強い組織と言えるのではないだろうか。そこには個々の人の十分な訓練と経験、知識がベースとなると同時に、組織には必ず存在するヒエラルキーがいつでもその勾配を問題解決時には調整する力が必要である。航空機においてはそれが機長に求められ、組織においてはそのリーダーに求められる。そして、その機長・リーダーもまたヒューマンエラーを起こす「人」であることを組織にいる人間は常に忘れずモニターしなくてはならないのである。その健全性こそが組織マネジメントには必要である。

最後に、J.リーズン¹⁵は「ヒューマンエラーは原因ではなく結果である」と言っている。エラ

一には結果が付きまとうが、そのエラー自体がそれを起こすまでに防御出来なかった個人・組織の潜在的な落とし穴の積み重ねであるということである。人間がトリガーであるということの真意は、我々がまだ自らも認識できていない無意識レベルでの‘怠慢’や‘うっかり’をその時点で見つけることが出来れば、或いはそれを見つける仕組みが組織にあれば、どれほど多くのものを失わずに済むかということである。

注

1. ICAO (International Civil Aviation Organization) 第二次世界大戦における民間機の発展に伴って1944年に締結された国際民間航空条約(通称シカゴ条約)に基づき、1947年4月4日に発足した。国際民間航空に関する原則と技術を開発・制定し、その健全な発展を目的とする。シカゴ条約批准国は自動的にICAOに加盟することになっており、2008年の時点加盟国は190カ国。日本は、1953年にシカゴ条約を批准するとともに、ICAOへと加盟した。
2. IATA (International Air Transport Association) 国際線を運航する航空会社、旅行代理店、その他の関連業界のための業界団体である。安全・運賃をはじめとして加盟航空会社間で一定の基準を設けている。
参照：<http://www.iata.org/about/Pages/mission.aspx>
3. Air Ontario カナダ トロントに本社を持つカナダで5本の指に入るリージョナルエアライン。Air Canadaの傘下の地方航空会社であった4社を2001年統合している。
4. Air Canada カナダ・ケベック州のモントリオール市に本部がある国際航空会社。カナダのいわゆる「フラッグ・キャリア」。主要ハブ空港はトロント・ピアソン国際空港である。2006年4月1日、エア・カナダは破産保護の申請をした。エア・カナダは最終的に19か月後の2004年9月30日に破産保護を明らかにした。ACE 航空ホールディングス株式会社(ACE Aviation Holdings Inc.)がエア・カナダを所有し再建する新しい親会社となった。
参照：<http://www.aircanada.jp/>
5. 航空機が飛行を行うに際して航空官署(航空交通管制機関等)に通報する飛行予定に関する計画のこと。フライト・プラン(flight plan)とも呼ばれる。
参照：<http://www.jal.co.jp/jiten/dict/p311.html>
6. Auxiliary Power Unit: APU. 航空機の各部に圧縮空気や油圧、電力を供給するために、メインエンジンとは別に搭載された小型のエンジンである。メインエンジンを起動するために必要な圧縮空気の供給、また駐機中における各装置(エアコンなど)への動力の供給に用いられる。メインエンジンは単独では起動できないが、APUは自機自身のバッテリーからの電力で自力で起動できるため、APUを搭載することで地上からのエネルギーの供給なしにメインエンジンの起動が可能となる。
参照：<http://www.jal.co.jp/jiten/dict/p311.html>

7. 飛行計画の作成ならびに飛行中の情報提供するために常に気象・運航などをモニターしている部署。
8. **Hot Refueling** 通常航空機は装着しているエンジンを全て切って燃料を給油するが、補助動力装置が無い場合は、一定の条件の下、エンジンを始動したままで行われる措置が許可されている空港がある。
9. 計器飛行方式 **Instrument Flight Rules** 航空機の計器および目視の両方を駆使し、常に航空管制官の指示に従って行う飛行、お呼び運航情報官が提供する情報を常時聴取して行う飛行のこと。
参照：<http://www.jal.co.jp/jiten/dict/p311.html>
10. **J. リーゼン**によるスライスチーズモデルという理論。“空隙が多いことで知られているスライスチーズ”を多層にスライスし並べた状態とみたと、大きな事故、事件、不祥事は当該組織はその組織が持つ潜在的な危険から当該組織を守るためにある多く防護壁を貫通した時に発生するとした。
11. **ICAO**（注1）の中の機関であり、航空機に関連するあらゆるデータを収集解析して、公開している。
12. 翼に代表されるように航空機の構造上、最も重要な表面を指し、特に離陸時には如何なる物もその表面に付着することを避けなければならない。
13. テネリフェ空港ジャンボ機衝突事故 1977年3月27日スペイン領カナリア諸島のテネリフェ島にあるロス・ロデオス空港の滑走路上で2機のボーイング747型機同士が衝突し、乗客乗員合わせて583人が死亡した事故。死者数においては現在も尚史上最悪の航空事故である。
14. 連邦航空局 **Federal Aviation Administration** 米国運輸省の下部機関で、航空輸送の安全維持を担当する部巨樹。米国内での航空機の開発、製造、修理、運航の全ては同局の承認無には行えない。本部はワシントン D.C.
参照：<http://ja.wikipedia.org/wiki>
15. **J. リーゼン** 英国の心理学者。マンチェスター大学心理学教授。ヒューマンエラーの構造を、「mistake」と「slip」そして「lapse」と分類し、主に組織アクシデントが起こるメカニズムを示した。彼の理論は1990年代、世界の航空会社が事故を未然に防ぐための訓練や教育に活かされ、医療機関や一般企業においてもシステムやエラーを最小限に留め管理するための取り組みに取り入れられている。

参考文献

1. Barbara G. Kanki, Robert L. Helmreich, and Jose Anca (2010) Crew Resource Management, Academic Press
2. Boeing 社 (2008) Statistical Summary commercial jet Airplane Accident, Boeing, USA
参照：<http://www.boeing.com/news/techissues/pdf/statsum.pdf>
3. IATA Aircraft Accident Rate Drops In 2009 – Renewed Focus on Training, Data (2010)
参照：<http://www.iata.org/pressroom/pr/Pages/2010-02-18-01.aspx>

4. Minister of Supply and Services Canada (1992) Final report by Ontario Commission of Inquiry into the Air Ontario Crash at Dryden, Canada
5. J. T. Reason (1990) Human Error, Cambridge University Press.
6. J. T. Reason (1997) Managing the Risks of Organizational Accidents, Cambridge University Press.